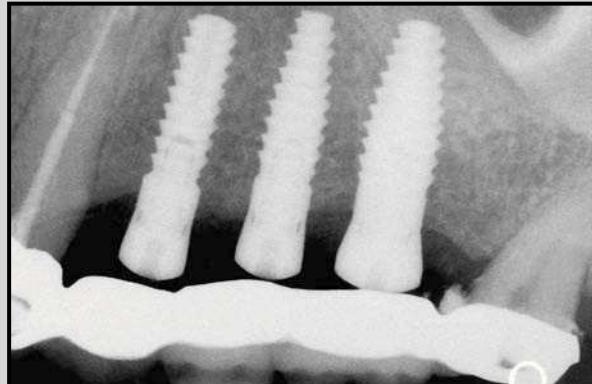
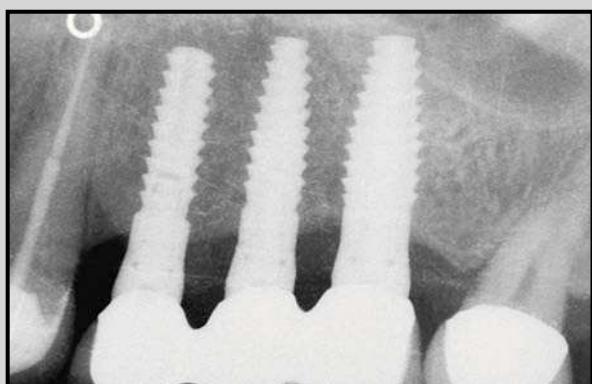


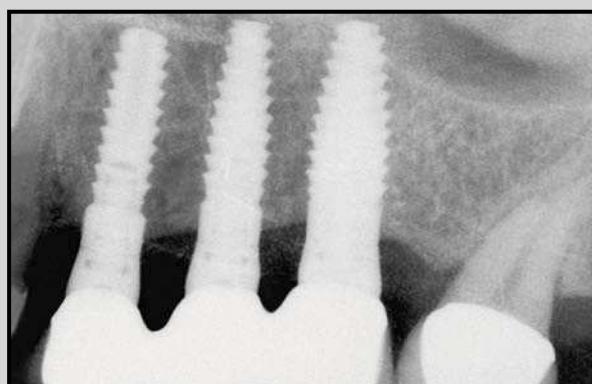
2005 (baseline)



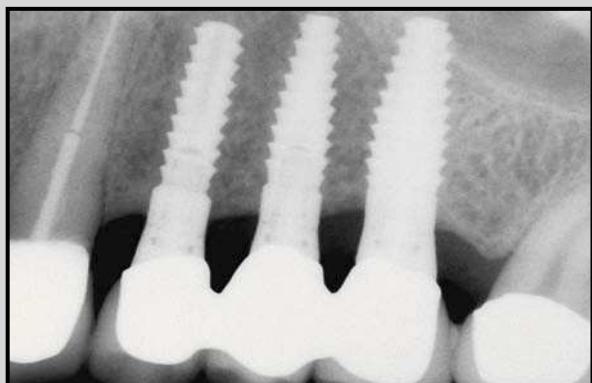
2005



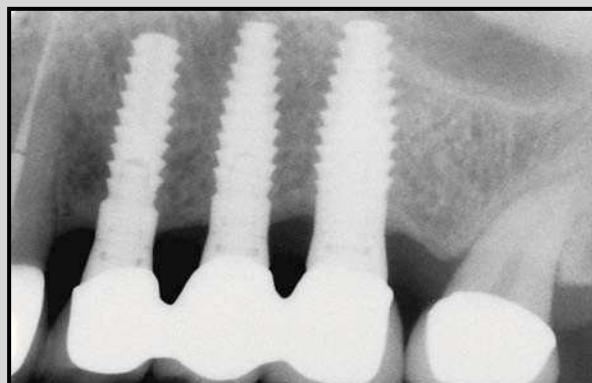
2006



2007

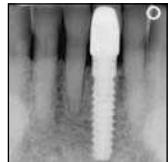


2008



2009

Análisis radiográfico del nivel de hueso crestal alrededor del cuello de los implantes Laser-Lok



Cary A. Shapoff, DDS¹

Brent Lahey, DMD, MS¹

Perry A. Wasserlauf, DMD¹

David M. Kim, DDS, DMSc²

Este estudio radiográfico retrospectivo se realizó para evaluar la eficacia clínica de los implantes con microtexturizado Laser-Lok (rugosidades de 8 y 12 μm). Con anterioridad se ha demostrado la unión física entre las fibras de tejido conjuntivo y el microtexturizado Laser-Lok en el cuello del implante gracias al uso de histología humana, microscopía de luz polarizada y microscopía electrónica de barrido. Este análisis de 49 implantes demostró una pérdida de hueso crestal promedio de 0,44 mm 2 años después de la restauración y de 0,46 mm a los 3 años. Toda la pérdida ósea se concentró en la altura del cuello, y no se evidenció ninguna pérdida a nivel de las rosas del implante. La evaluación radiográfica de la aplicación clínica de este implante apoya los resultados anteriores de la relevancia clínica del establecimiento del sellado biológico de las fibras de tejido conjuntivo alrededor del implante. (Rev Int Odontol Restaur Period 2010;14:126-135.)

La reabsorción del hueso crestal en la primera rosca coronal del primer implante coronal de un implante dental de dos piezas se observa con frecuencia tras la inserción del pilar. Se ha reconocido que el implante dental con carga funcional tiene como promedio una pérdida ósea de 1,0 mm durante el primer año, y posteriormente un mínimo de 0,10 mm por año de funcionamiento¹⁻⁴. Se especula que los posibles factores causales son traumatismos quirúrgicos inadvertidos, sobrecarga oclusal que provoca una gran tensión en la interfaz implante-hueso, la presencia de microgrietas que provocan una infiltración bacteriana en la unión implante-pilar, y el establecimiento apical resultante de la acomodación del tejido conjuntivo supracrestal en la anchura biológica. Los problemas asociados a la continua reabsorción del hueso crestal son la formación de un surco periimplantario imposible de limpiar con presencia de inflamación, la recesión que conduce a una pérdida de tejido blando interproximal, y el potencial de pérdida ósea que puede comprometer la estabilidad del implante.

¹Private Practice, Fairfield, Connecticut.

²Assistant Professor, Division of Periodontology, Department of Oral Medicine, Infection and Immunity, Harvard School of Dental Medicine, Boston, Massachusetts.

Correspondencia: Dr Cary A. Shapoff, 71 Beach Road, Fairfield, CT 06430; e-mail: cas@shapoff.com.

El tejido conjuntivo perimplantario que se establece tras la cirugía implantológica con implantes Laser-Lok (BioLock International, ahora fabricados por Biohorizons) actúa como una barrera eficaz frente a la migración apical de la unión epitelial⁵. Esto se traduce en la protección del nivel óseo en 1 mm de tejido conjuntivo. En comparación, el diente natural dispone de tejido conjuntivo unido a través de las fibras de Sharpey a la superficie del cemento en un plano perpendicular. Las observaciones anteriores con implantes osteointegrados describen estas fibras de colágeno paralelas al implante⁶⁻¹⁴. La unión física de las fibras de tejido conjuntivo a los microcanales Laser-Lok del cuello del implante se ha demostrado claramente mediante histología humana, microscopía de luz polarizada y microscopía electrónica de barrido⁵. El uso de microcanales Laser-Lok dio lugar a una unión física funcional y perpendicular que permitió estabilizar el nivel óseo y reducir la pérdida de hueso crestal^{5,15}.

El objetivo de este estudio radiográfico retrospectivo fue revisar la eficacia del cuello Laser-Lok para preservar el nivel de hueso crestal en una amplia variedad de situaciones que se presentan en la clínica privada. Se consideró que la evaluación radiográfica era adecuada porque los cambios en el nivel de hueso crestal observados en las radiografías periapicales estandarizadas son muy exactos en comparación con las histologías no calcificadas¹⁶.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó en una única consulta privada en 41 pacientes tratados de forma consecutiva (promedio de edad, 62 años) a los que se colocó un total de 50 implantes dentales Laser-Lok entre febrero de 2005 y enero de 2007. Se colocaron 37 implantes en el maxilar superior y 13 en el maxilar inferior (35 con conexión interna y 15 con hexágono externo). Se revisaron los historiales clínicos y dentales, se realizaron exámenes clínicos y radiográficos y cada paciente firmó el consentimiento informado. Los pacientes seleccionados fueron aquellos visitados por una clínica periodontal privada de referencia sin antecedentes médicos o tratamientos significativos que impidiesen realizar la mayor parte de las intervenciones quirúrgicas periodontales. Los pacientes se prepararon para la cirugía según las guías de práctica dental aceptadas, y la cirugía implantológica se realizó de forma ambulatoria. Se elevaron colgajos de espesor total con una incisión horizontal para revelar la superficie ósea tras administrar anestesia local (lidocaína al 2 % con adrenalina 1:100.000). Se utilizaron incisiones verticales para mejorar la visibilidad. Se prepararon las osteotomías para los implantes según las instrucciones del fabricante y se colocaron los implantes. Se realizó el cierre del colgajo primario con suturas reabsorbibles y no reabsorbibles y se procedió a la realización de las radiografías periapicales utilizando una técnica en paralelo para registrar el nivel óseo exacto en el momento

inicial (Gendex Dental Systems, KaVo). Se instruyó a los pacientes para que no cepillasen o pasasen el hilo dental en las zonas intervenidas hasta la retirada de los puntos que se produjo a los 14 días. También se les enseñó a realizar enjuagues con clorhexidina al 0,12% diariamente durante 1 semana y se les recetaron los antibióticos y analgésicos adecuados.

Se realizaron las evaluaciones postoperatorias rutinarias hasta el momento de la segunda fase de la intervención y la conexión del pilar. Los tornillos de cierre se sustituyeron por pilares de cicatrización utilizando la técnica del sacabocados si la encía presentaba una adecuada queratinización alrededor del aspecto facial del implante. En las zonas con una encía no adecuada se elevó un colgajo mucoperióstico de espesor total, se colocaron pilares de cicatrización, y el colgajo se reposicionó apicalmente para crear una zona gingival más amplia. Después de eso se realizó una radiografía periapical. El promedio de tiempo entre la cirugía inicial de colocación del implante hasta la conexión del pilar de conexión fue de 4,8 meses.

Se realizaron radiografías poco después de la restauración y al cabo de 1, 2 y 3 años aproximadamente. Estas radiografías digitales se importaron a PhotoShop CS3 mediante Analysis Toolkit (Adobe). Se obtuvieron 3 mediciones de cada implante: longitud del implante en el eje medio, y longitud ósea perpendicular a la cresta mesial y distal hasta el borde apical del implante (utilizado como punto de referen-

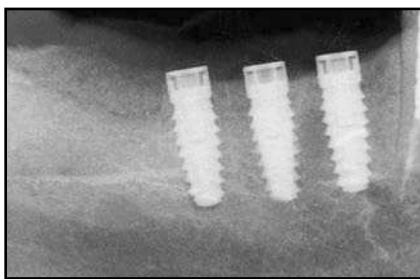


Figura 1a Colocación inicial de 3 implantes Laser-Lok en una mujer de 75 años con bruxismo.

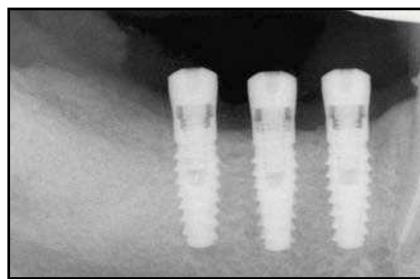


Figura 1b Pilares de cicatrización colocados 5 meses después de la cirugía.

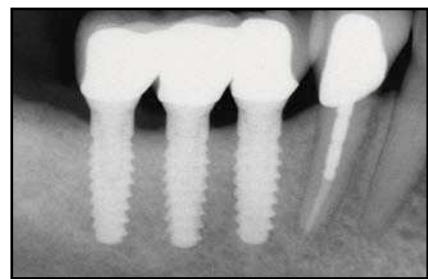


Figura 1c Radiografía de los implantes Laser-Lok restaurados con 2 años de funcionamiento.

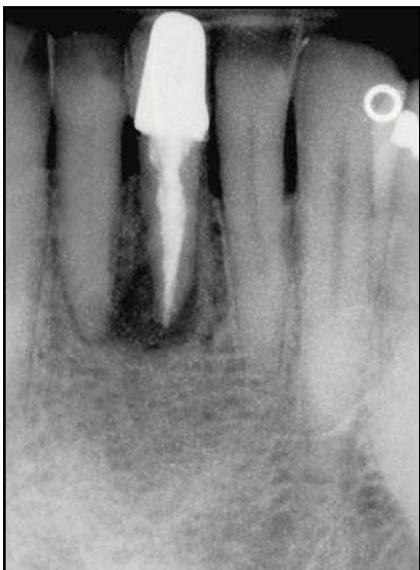


Figura 2a Radiografía inicial de un defecto alrededor del incisivo central izquierdo del maxilar inferior. La zona mostró una pérdida completa de la placa vestibular y el implante se colocó utilizando un injerto óseo y una membrana de barrera reabsorbible.

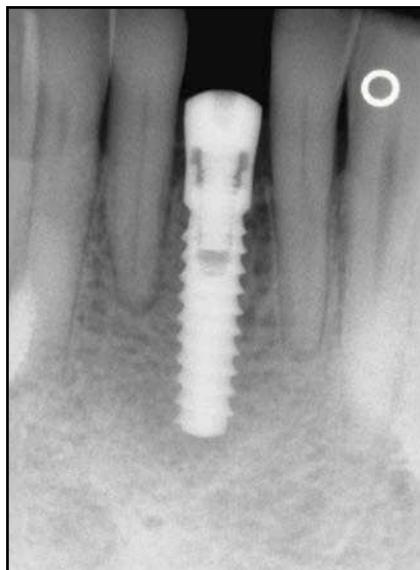
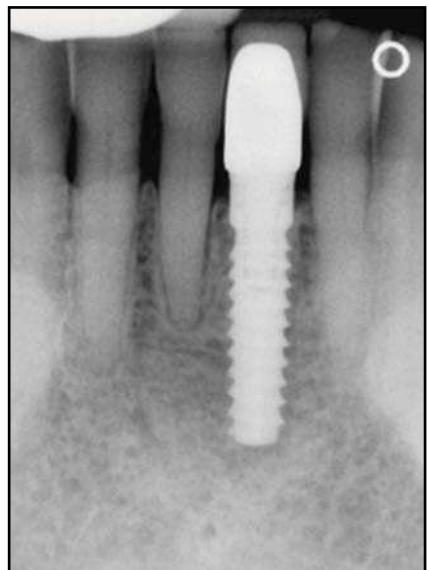


Figura 2b Pilar de cicatrización colocado 5 meses después del implante con injerto óseo simultáneo.



Figuras 2c (superior) y 2d (inferior) Radiografía (c) y fotografía clínica (d) a los 2 años de la pieza restaurada. Obsérvense los niveles estables de hueso crestal.

cia). Todas las mediciones se exportaron a una hoja Excel (Microsoft 2007) para su análisis. La longitud ósea mesial y distal perpendicular a la cresta se estandarizó con la longitud conocida del eje medio del implante y posteriormente se reali-

zó el promedio de la longitud ósea perpendicular a la cresta mesial y distal y se registró el promedio del cambio de nivel óseo. Cada zona del implante se serializó y se codificó para realizar mediciones objetivas y no sesgadas.





Figura 3a (izquierda) Radiografía inicial del fracaso de una prótesis parcial fija en la región posterior izquierda del maxilar superior. Una tomografía computarizada reveló una anchura de la cresta de 4 a 5 mm que requirió una técnica de cresta dividida en el momento de la colocación del implante.

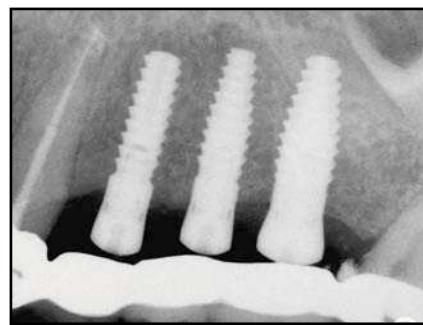
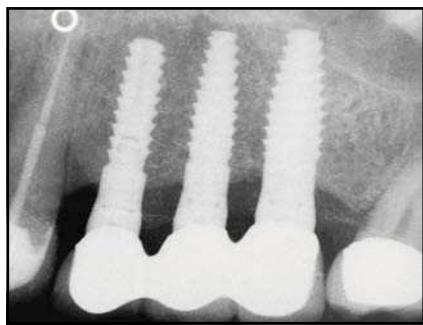
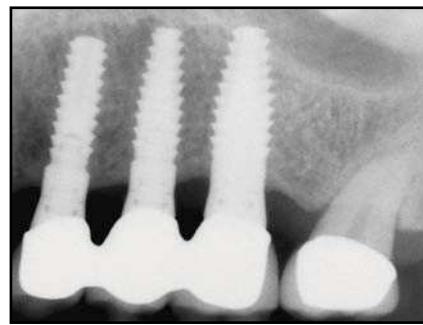
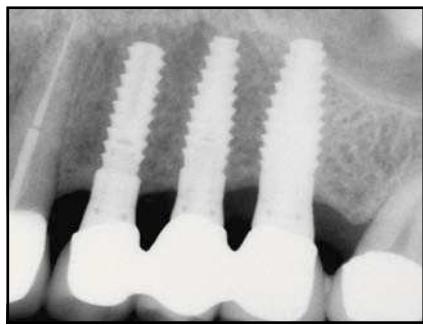
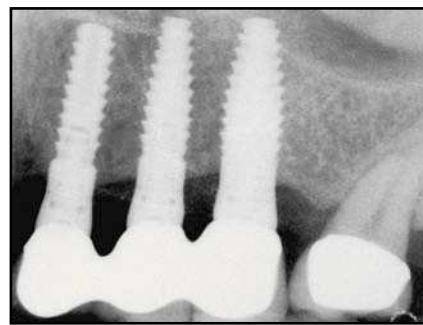


Figura 3b (derecha) Pilares de cicatrización colocados 3,5 meses después de la división de la cresta y la colocación del implante.



Figuras 3c a 3f Radiografías digitales realizadas al cabo de (superior izquierda) 1 año, (superior derecha) 2 años, (inferior izquierda) 3 años, y (inferior derecha) 4 años tras la restauración mostrando la estabilidad del hueso crestal.



Resultados

Se colocaron 50 implantes en una amplia variedad de situaciones clínicas que se presentan de forma habitual en la consulta periodontal. Los implantes se colocaron en zonas edéntulas, zonas sometidas con anterioridad a injertos óseos e inmedia-

tamente tras la extracción (figuras 1 a 3). Treinta y nueve de los 50 implantes se colocaron en la región anterior (78 %) y los 11 restantes se colocaron en zonas molares (22 %) (figuras 4 y 5). Un implante fracasó como consecuencia de un absceso endodóncico en un diente adyacente, de forma que el número total

de implantes para su análisis radiográfico fue de 49.

El nivel radiográfico de hueso crestal se expresó en mm desde la parte más coronal de la plataforma del implante hasta el primer contacto hueso-implante. En 41 de los 49 implantes originales se realizaron radiografías posrestauración al

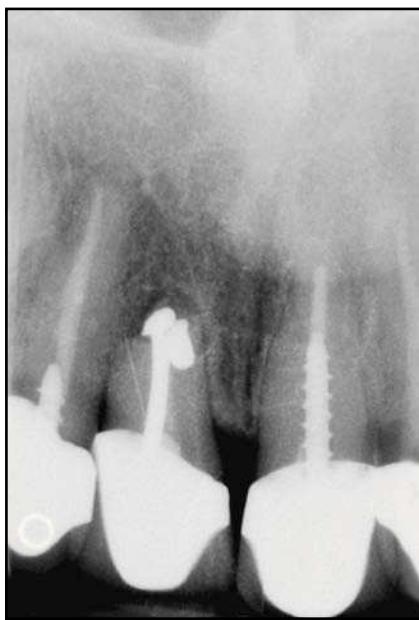


Figura 4a Radiografía inicial de un diente incisivo central derecho inviable en el maxilar superior.

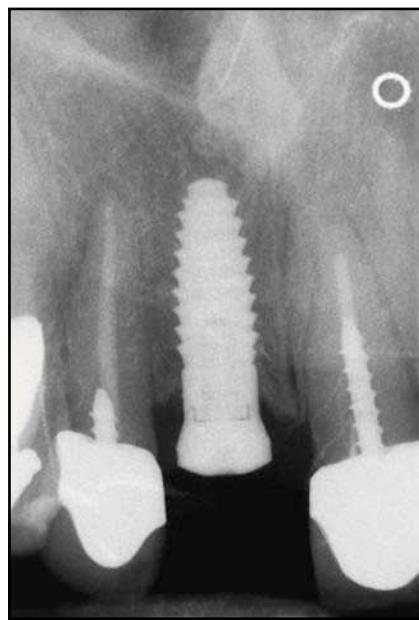


Figura 4b Pilar de cicatrización colocado 6 meses después del implante y del injerto óseo en el alveolo.

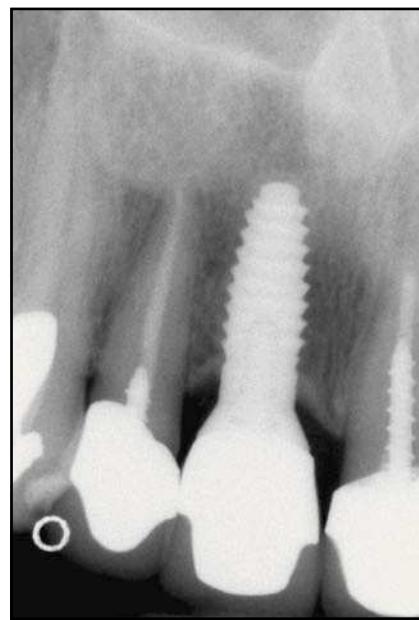


Figura 4c Radiografía digital del implante Laser-Lok de 5 mm de ancho 2 años después de la restauración.

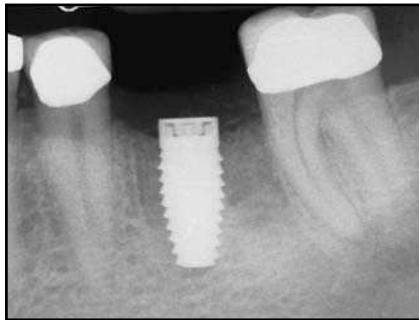


Figura 5a Colocación inicial de un implante Laser-Lok de 5 mm en la zona injertada 5 meses antes tras extraer el diente fracturado.



Figura 5b Colocación de un pilar de cicatrización 3 meses después de la colocación del implante.

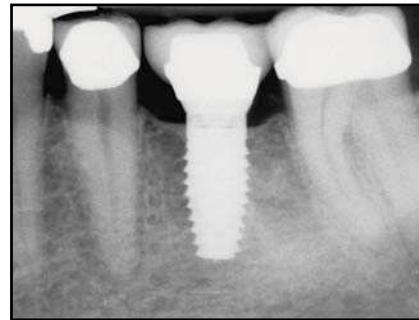


Figura 5c Seguimiento de 3 años del implante Laser-Lok. Obsérvese la estabilidad de hueso crestal y el aumento de la densidad del hueso crestal adyacente al cuello microtexturizado.

cabio de 2 años (figuras 1, 2 y 4), y en 30 de esos implantes se realizaron radiografías al cabo de 3 años (figuras 3 y 5). Se pudo realizar el seguimiento radiográfico durante un período de tiempo más largo en un número reducido de implantes (figura 3f). El promedio de la variación en el nivel de hueso crestal del grupo

posrestauración a los 2 años fue de $-0,44 \pm 0,10$ mm, mientras que el promedio de variación en el nivel de hueso crestal del grupo posrestauración a los 3 años fue de $-0,46 \pm 0,12$ mm (figura 6). No existieron diferencias estadísticamente significativas en el promedio de variación en el nivel de hueso crestal entre

estos dos grupos ($p > 0,05$). Además, los resultados de los implantes colocados en las zonas edéntulas, zonas injertadas con anterioridad, o inmediatamente tras la extracción no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellos y, por tanto, los implantes se analizaron de forma colectiva.

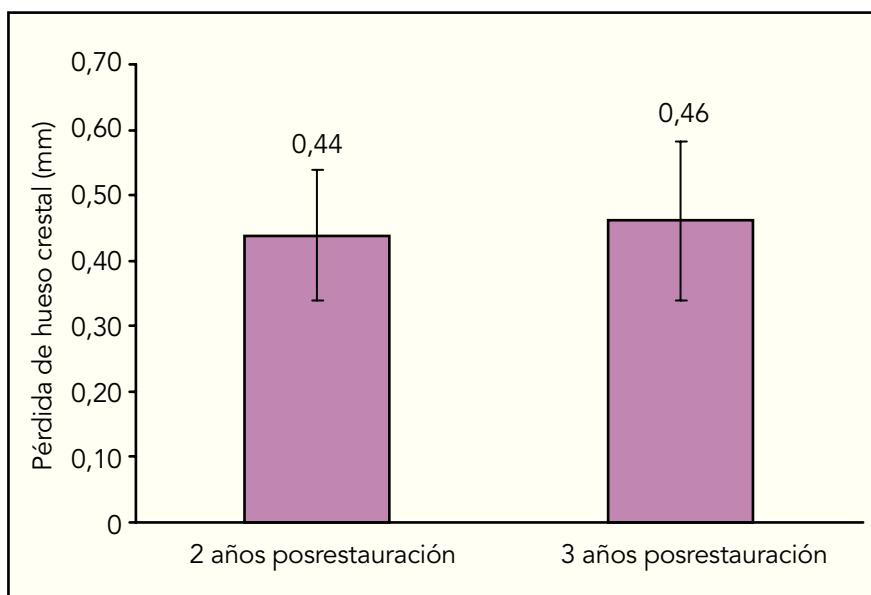


Figura 6 Promedio de la variación en el nivel de hueso crestal durante 2 marcos temporales diferentes.

Discusión

La preservación de los tejidos duros y blandos adyacentes a un implante depende en parte de las características de la superficie física de los implantes para favorecer la unión de las células y los tejidos. Se han investigado varias modificaciones de las propiedades de la superficie, como topografía, estructura, química, carga de superficie e hidrofilia en un intento por mejorar la integración marginal de los tejidos blandos y duros con las diferentes superficies del implante^{15,17-20}. La microtopografía de la superficie permite mostrar los diferentes grados de adhesión, proliferación, organización y diferenciación en diferentes topografías de los diferentes tipos celulares^{18,19}. La investigación con células progenitoras mesenquimatosas humanas sobre superficies de titanio rugoso trata-

das para proporcionar superficies nanotopográficas demostró una destacada osteoinducción y osteogénesis de las células adherentes²¹. Colectivamente, estos estudios demostraron la necesidad de superficies con micro y nanotopografías. Los microcanales de superficie con una forma y profundidad específica han demostrado controlar de forma específica la función de las células osteoblásticas y fibroblásticas²²⁻²⁵ dado que limitan de forma simultánea la invasión y la proliferación de las células epiteliales^{5,20}.

El éxito relativo de un implante dental está correlacionado directamente con el nivel de hueso y de tejido conjuntivo unido al implante. La micro y nanotopografía de la superficie de un implante se ha identificado como factor clave en la unión y diferenciación de muchos tipos celulares, como los fibroblastos

epiteliales, que son responsables de la producción del tejido conjuntivo rico en colágeno que rodea los implantes dentales. Algunos investigadores han descrito la orientación funcional de las fibras de colágeno del tejido conjuntivo insertadas en el cuello del implante, pero al parecer, la orientación se ve afectada por la calidad de la mucosa^{7,26,27}. Las fibras tendieron a estar paralelas en la mucosa alveolar y organizadas de forma más perpendicular en la mucosa queratinizada²⁸. Las evaluaciones preclínicas y clínicas han demostrado de forma rutinaria fibras de tejido conjuntivo paralelas a la superficie del implante^{6,8,13,14,17}. Un estudio publicado recientemente comparó la orientación histológica de las fibras de colágenos alrededor del cuello de implantes de metal liso con el de superficies recubiertas de circonio. Las fibras de colágeno se

orientaron predominantemente de forma paralela o paralelo-oblicua, independientemente del material del implante²⁹.

La concentración de tensión alrededor de los implantes en el hueso crestal depende del diseño del implante y de su capacidad para unirse al hueso adyacente³⁰. Un estudio reciente sobre análisis de elemento finito en ingeniería reveló que el diseño Laser-Lok presentó una menor tensión en el hueso crestal, en particular, la tensión asociada con la carga fuera del eje que suele producirse en la zona del cuello³¹. Un estudio realizado en animales que comparó el cuello microtexturizado por láser con el cuello mecanizado demostró que éste último sufrió una invasión epitelial mayor y una mayor actividad osteoclástica con aumento de la reabsorción ósea²⁰. Además, se produjo una adaptación más estrecha del hueso al cuello microtexturizado por láser, así como evidencias de una invasión epitelial limitada y la presencia de una unión de tejido conjuntivo al cuello microtexturizado por láser. Así pues, los resultados de ese estudio apoyaron la hipótesis de que un cuello microtexturizado por láser puede limitar la invasión epitelial, mejorar la inserción del tejido blando al hueso, y simular la anchura biológica observada en la dentición natural. Nevins y cols.⁵ también han demostrado, a través de la microscopía electrónica de barrido y el análisis histológico en humanos, que el Laser-Lok produce una inserción de tejido conjuntivo alrededor de la zona del cuello de los implantes tratados por láser. Las

rugosidades de 12 micras demostraron el mejor potencial para inhibir el crecimiento de tejido fibroso en relación al crecimiento de las células óseas, y las rugosidades de 8 micras demostraron la inhibición más eficaz de la migración de las células epiteliales a lo largo de las rugosidades^{20,24,25}. Estos resultados son similares a los de un estudio realizado *in vitro* por Boyan y Schwartz³², que sugería unos rangos específicos de distancia y altura de la microestructura de superficie para obtener una respuesta celular óptima. Otros sistemas de implantes dentales han anunciado superficies de microtextura en el aspecto coronal del implante. Sin embargo, estas microtexturas son mucho más grandes (200 a 250 μm) y a nivel celular representan superficies que no modulan la morfología de los osteoblastos de forma tan eficaz como los microcanales Laser-Lok de 8 y 12 μm ³³.

En este análisis radiográfico retrospectivo, realizado en una clínica privada, se evaluaron radiográficamente 49 implantes dentales Laser-Lok durante un período de hasta 3 años tras la restauración para determinar el cambio en los niveles de hueso crestal en relación a la parte más coronal de la plataforma del implante. Los resultados demostraron una pérdida promedio de $0,44 \pm 0,10\text{mm}$ y $0,46 \pm 0,12\text{ mm}$ de altura de hueso crestal desde la cirugía inicial hasta 2 y 3 años después de la restauración, respectivamente. Un estudio piloto publicado con anterioridad en 2000 por Shapoff en 6 pacientes con implantes BioLok de hexágono

externo de 1 mm y cuello de microcanales Laser-Lok demostró niveles muy estables de hueso crestal que se mantuvieron durante 8 años.

Entre las limitaciones del actual estudio radiográfico destaca su naturaleza retrospectiva y el uso de radiografías no estandarizadas. Sin embargo, los resultados son compatibles con un estudio prospectivo controlado realizado por Pecora y cols.¹⁵. En ese estudio, el implante Laser-Lok redujo la pérdida de hueso crestal a aproximadamente 0,6 mm a los 3 años, en comparación con un implante de cuello mecanizado que presentó una pérdida de hueso crestal de 1,9 mm. Además, el implante Laser-Lok fue comparable al implante de cuello mecanizado con respecto a los criterios de valoración de seguridad del índice de placa e índice de sangrado sulcular.

Se han realizado otros intentos por reducir al mínimo la pérdida esperada de hueso crestal de entre 1,5 y 2,0 mm, como el uso de implantes de una pieza o el concepto de plataforma modificada³⁴⁻³⁸. Por ejemplo, Cappiello y cols.³⁶ evaluaron la pérdida ósea alrededor de 75 implantes de dos piezas que se restauraron según el protocolo de plataforma modificada. Su análisis radiográfico de 12 meses reveló una pérdida ósea entre 0,6 y 1,2 mm (promedio, $0,95 \pm 0,32$ mm). Un estudio prospectivo de 5 años publicado recientemente sobre implantes de plataforma modificada demostró una pérdida de hueso crestal de 0,6 mm desde el borde apical del cuello metálico liso, en comparación con los 0,9 mm del diámetro del

pilar correspondiente³⁹. Debe destacarse que este estudio utilizó un implante de hexágono externo con una dimensión mínima del cuello, y en muchos casos los implantes se colocaron 1 mm subcrestalmente. Los resultados obtenidos fueron comparables a los resultados del estudio aquí descrito.

Conclusión

La presencia de la superficie Laser-Lok provocó la estabilidad de la cresta ósea sin pérdida de hueso hasta la primera rosca. Los implantes Laser-Lok presentaron una menor pérdida de hueso crestal a los 3 años de la restauración que la aceptada habitualmente de 1,5 a 2,0 mm. Esto probablemente sea resultado de una inserción fija del hueso, el tejido conjuntivo fibroso y la inserción epitelial al cuello de implante, lo que dio lugar a un sellado estable del tejido blando que protegió el hueso crestal.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Dr. Soo Woo Kim la realización de los análisis radiográficos.

Bibliografía

1. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Bränemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;10:387-416.
2. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1986;1:11-25.
3. van Steenberghe D, Lekholm U, Bolender C, et al. Applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: A prospective multicenter study on 558 fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1990;5:272-281.
4. Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D, Nys L. A study of 589 consecutive implants supporting complete fixed prostheses. Part I: Periodontal aspects. *J Prosthet Dent* 1992;68:655-663.
5. Nevins M, Nevins ML, Camelo M, Boyesen JL, Kim DM. Human histologic evidence of a connective tissue attachment to a dental implant. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:111-121.
6. Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, Marinello CP, Liljenberg B, Thomsen P. The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clin Oral Implants Res* 1991;2:81-90.
7. Buser D, Weber HP, Donath K, Fiorellini JP, Paquette DW, Williams RC. Soft tissue reactions to non-submerged unloaded titanium implants in beagle dogs. *J Periodontol* 1992;63:225-235.
8. Listgarten MA, Buser D, Steinemann SG, Donath K, Lang NP, Weber HP. Light and transmission electron microscopy of the intact interfaces between non-submerged titanium-coated epoxy resin implants and bone or gingiva. *J Dent Res* 1992;71: 364-371 [erratum 1992;71:1267].
9. Chavrier C, Couble ML, Hartmann DJ. Qualitative study of collagenous and non-collagenous glycoproteins of the human healthy keratinized mucosa surrounding implants. *Clin Oral Implants Res* 1994;5: 117-124.
10. Liljenberg B, Gualini F, Berglundh T, Tonetti M, Lindhe J. Some characteristics of the ridge mucosa before and after implant installation. A prospective study in humans. *J Clin Periodontol* 1996;23:1008-1013.
11. Liljenberg B, Gualini F, Berglundh T, Tonetti M, Lindhe J. Composition of plaque-associated lesions in the gingiva and the peri-implant mucosa in partially edentulous subjects. *J Clin Periodontol* 1997;24:119-123.
12. Lindhe J, Berglundh T. The interface between the mucosa and the implant. *Periodontol* 2000 1998;17:47-54.

13. Moon IS, Berglundh T, Abrahamsson I, Linder E, Lindhe J. The barrier between the keratinized mucosa and the dental implant. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 1999;26:658–663.
14. Piattelli A, Scarano A, Piattelli M, Bertolai R, Panzoni E. Histologic aspects of the bone and soft tissues surrounding three titanium non-submerged plasma-sprayed implants retrieved at autopsy: A case report. *J Periodontol* 1997;68:694–700.
15. Pecora GE, Ceccarelli R, Bonelli M, Alexander H, Ricci JL. Clinical evaluation of laser microtexturing for soft tissue and bone attachment to dental implants. *Implant Dent* 2009;18:57–66.
16. Hermann JS, Schoolfield JD, Nummikoski PV, Buser D, Schenk RK, Cochran DL. Crestal bone changes around titanium implants: A methodologic study comparing linear radiographic with histometric measurements. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:475–485.
17. Schwarz F, Herten M, Sager M, Wieland M, Dard M, Becker J. Histological and immunohistochemical analysis of initial and early osseous integration at chemically modified and conventional SLA titanium implants: Preliminary results of a pilot study in dogs. *Clin Oral Implants Res* 2007;18: 481–488.
18. Ellingsen JE. Surface configurations of dental implants. *Periodontol* 2000 1998; 17:36–46.
19. Hamilton DW, Chehroudi B, Brunette DM. Comparative response of epithelial cells and osteoblasts to microfabricated tapered pit topographies in vitro and in vivo. *Biomaterials* 2007;28:2281–2293.
20. Weiner S, Simon J, Ehrenberg DS, Zweig B, Ricci JL. The effects of laser microtextured collars upon crestal bone levels of dental implants. *Implant Dent* 2008;17: 217–228.
21. Valencia S, Gretzer C, Cooper LF. Surface nanofeature effects on titanium-adherent human mesenchymal stem cells. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:38–46.
22. Ricci JL, Grew JC, Alexander H. Connective-tissue responses to defined biomaterial surfaces. I. Growth of rat fibroblast and bone marrow cell colonies on microgrooved substrates. *J Biomed Mater Res A* 2008;85:313–325.
23. Grew JC, Ricci JL, Alexander H. Connective-tissue responses to defined biomaterial surfaces. II. Behavior of rat and mouse fibroblasts cultured on micro-grooved substrates. *J Biomed Mater Res A* 2008;85:326–335.
24. Frenkel SR, Simon J, Alexander H, Dennis M, Ricci JL. Osseointegration on metallic implant surfaces: Effects of microgeometry and growth factor treatment. *J Biomed Mater Res* 2002;63:706–713.
25. Soboyejo WO, Nemetski B, Allameh S, Marcantonio N, Mercer C, Ricci J. Interactions between MC3T3-E1 cells and textured Ti6Al4V surfaces. *J Biomed Mater Res* 2002;62:56–72.
26. Schroeder A, van der Zypen E, Stich H, Sutter F. The reactions of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants with titanium-sprayed surfaces. *J Maxillofac Surg* 1981;9:15–25.
27. Deporter DA, Watson PA, Pilliar RM, Howley TP, Winslow J. A histological evaluation of a functional endosseous, porous-surfaced, titanium alloy dental implant system in the dog. *J Dent Res* 1988;67: 1190–1195.
28. Rompen E, Domken O, Degidi M, Pontes AE, Piattelli A. The effect of material characteristics, of surface topography and of implant components and connections on soft tissue integration: A literature review. *Clin Oral Implants Res* 2006;17(suppl 2):55–67.
29. Teté S, Mastrangelo F, Bianchi A, Zizzari V, Scarano A. Collagen fiber orientation around machined titanium and zirconia dental implant necks: An animal study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:52–58.
30. Yu W, Jang YJ, Kyung HM. Combined influence of implant diameter and alveolar ridge width on crestal bone stress: A quantitative approach. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:88–95.
31. Alexander H, Ricci JL, Hrico GJ. Mechanical basis for bone retention around dental implants. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2009;88:306–311.
32. Boyan BD, Schwartz Z. Modulation of osteogenesis via implant surface design. In: Davies JE (ed). *Bone Engineering*. Toronto: EM², 2000:232–239.
33. Zinger O, Zhao G, Schwartz Z, et al. Differential regulation of osteoblasts by substrate microstructural features. *Biomaterials* 2005;26:1837–1847.
34. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Schoolfield JD, Cochran DL. Biologic width around one- and two-piece titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 2001; 12:559–571.
35. Lazzara RJ, Porter SS. Platform switching: A new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006;26:9–17.
36. Cappiello M, Luongo R, Di Iorio D, Bugea C, Cocchetto R, Celletti R. Evaluation of peri-implant bone loss around platform-switched implants. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:347–355.
37. Schrottenboer J, Tsao YP, Kinariwala V, Wang HL. Effect of microthreads and platform switching on crestal bone stress levels: A finite element analysis. *J Periodontol* 2008;79:2166–2172.
38. Luongo R, Traini T, Guidone PC, Bianco G, Cocchetto R, Celletti R. Hard and soft tissue responses to the platform-switching technique. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2008;28:551–557.
39. Vigolo P, Givani A. Platform-switched restorations on wide-diameter implants: A 5-year clinical prospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009;24:103–109.